

STUDI KARAKTERISTIK VOLUMETRIK CAMPURAN BETON ASPAL DAUR ULANG

Muhammad Kasan *

Abstract

This article is a part of research about Marshall Stability and Marshall Immersion Value of the old asphalt mixing recycled. This paper discussed about the volumetric study of old asphalt mixing recycled. It's very important caused by Marshall Stability and Marshall Immersion Value are parametrics depend on void in asphalt concrete mixture condition.

The objective of the research is to know the volumetric characteristic of asphalt concrete mixture recycled are VIM , VMA and VFB values.

This scenarios of recycling asphalt in this research were five varieties of asphalt content and five varieties of rejuvenating agent. Varieties of asphalt content are 4,6% (without added of new asphalt), 5,1%, 5,6%, 6,1% and 6,6%. Varieties of rejuvenating agent are 0%, 5%, 10%, 15% and 20%. Specimen of asphalt pavement recycled analysing by Volumetric analysis in Laboratorium.

The results of this research shows that the Optimum Asphalt Content of the old asphalt mixing recycled tend decrease according to more additon the content of rejuvenating agent of old asphalt mixing recycled.

Key words : asphalt mixing recycled, volumetric analysis, rejuvenating agent

Abstrak

Tulisan ini merupakan rangkaian dari penelitian tentang studi nilai stabilitas dan Marshall sisa dari Campuran Beton Aspal yang didaur ulang. Pada Tulisan ini khusus membahas tentang studi volumetrik campuran aspal hasil daur ulang. Hal ini penting karena parameter Stabilitas dan Marshall sisa sangat dipengaruhi oleh kondisi rongga dalam campuran.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat karakteristik volumetrik campuran beton aspal hasil daur ulang yang meliputi nilai VIM, VMA dan Nilai VFB.

Skenario dari campuran beton aspal daur ulang pada penelitian ini adalah memvariasikan kadar aspal dalam lima variasi yaitu 4,6% (tanpa bahan peremaja), 5,1% , 5,6% , 6,1% dan 6,6%. Sementara kadar bahan peremaja dalam lima variasi, yaitu 0%, 5,0% , 10% , 15% dan 20%. Benda uji kemudian dianalisis volumetrik di Laboratorium.

Hasil penelitian mendapatkan bahwa Nilai Kadar Aspal Optimum Campuran Beton Aspal Daur Ulang cenderung menurun dengan bertambahnya kadar bahan peremaja yang digunakan.

Kata Kunci : campuran aspal daur ulang, analisa volumetrik, bahan peremaja.

1. Pendahuluan

Masalah void/rongga dalam desain campuran beton aspal sangat menentukan sifat-sifat mekanis dan fisik dari campuran beton aspal. Disamping itu pemberian rongga dalam campuran beton aspal sangat menentukan karakteristiknya seperti sifat stabilitas campuran, sifat durabilitas campuran serta kuantitas pemakaian aspal di

dalam campuran beton aspal tersebut. Hal ini bisa dimaklumi karena pemakaian aspal dalam campuran selain dipengaruhi oleh luas permukaan agregat juga sangat dipengaruhi oleh besarnya rongga/void di dalam campuran beton aspal.

Pada campuran beton aspal yang dipadatkan, besar rongga/void sangat tergantung pada ukuran dan

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

bentuk agregat serta distribusi ukuran agregat pembentuk campuran.

Demikian juga halnya pada campuran beton aspal hasil daur ulang dari perkerasan jalan lama, analisa mengenai karakteristik rongga/void sangat penting dilakukan karena tidak saja berhubungan dengan banyaknya pemakaian aspal yang akan digunakan di dalam campuran tetapi juga erat kaitannya dengan persentase bahan peremaja yang digunakan sehingga campuran beton aspal hasil daur ulang tersebut dapat memenuhi persyaratan-persyaratan atau spesifikasi-spesifikasi yang berlaku dalam campuran beton aspal.

Berdasarkan hal tersebut di atas adalah sangat penting untuk mengetahui sifat-sifat volumetrik suatu campuran beton aspal dalam hubungannya dengan persentase kadar bahan peremaja pada kondisi Kadar Aspal tertentu, seperti Kondisi Kadar Aspal Optimum.

Tujuan penelitian ini adalah untuk melihat karakteristik volumetrik dari campuran beton aspal hasil daur ulang hubungannya dengan variasi kadar bahan peremaja yang digunakan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Beton Aspal Daur Ulang

Di "dunia" daur ulang konstruksi perkerasan jalan dikenal ada 7 jenis atau metode daur ulang yaitu *hot-mix recycle*, *cold-mix recycle*, *surface recycle*, *reconstruct with all new material*, *patch and thick overlay*, *patch and thin overlay*, dan *patch* pada rutin *maintenance*. Beberapa dari metode tersebut sudah pernah diterapkan di Indonesia baik dalam skala kecil maupun skala sedang dan besar.

Pemilihan dari metode daur ulang yang akan diterapkan sangat tergantung pada beberapa faktor yang antara lain adalah :

- 1) tingkat daur ulang yang akan dilaksanakan (tebal, tipis)

- 2) tingkat kerusakan dan jenis dari konstruksi yang ada
- 3) kondisi lalu lintas
- 4) ketersediaan peralatan

Yang dimaksud dengan daur ulang aspal campuran panas atau *asphalt hotmix recycling* adalah proses penggunaan kembali bahan perkerasan lama beraspal maupun bahan agregat perkerasan lama yang ditambah atau dikombinasikan dengan campuran agregat atau aspal baru, dengan atau tanpa aditif yang pencampurannya dilakukan di alat pencampur terpusat (*central mixing plant*) ataupun *in-situ* dengan produk campuran aspal (dengan agregat) panas.

Yang dimaksud dengan daur ulang pencampuran ditempat atau *in-situ recycling* adalah daur ulang yang proses pengupasan, pencampuran dan penggelaran serta pemadatan dilakukan ditempat yang sama atau tempat asalnya. Daur ulang *in-situ* biasanya hanya dilakukan bilamana tingkat ketebalan daur ulang (pengupasan dan penggelaran kembali) yang dilakukan dan dibutuhkan tidak terlalu tebal (sekitar 2,5 cm).

Daur ulang pencampuran terpusat biasanya diterapkan bilamana bahan yang didaur ulang dan digelar kembali dalam jumlah yang cukup banyak baik dalam ketebalan maupun volume.

2.2 Konsep Rongga (void) dalam Campuran Beton Aspal

Secara teoritis bahan-bahan/material yang dipadatkan seperti Beton aspal, besar void yang terjadi sangat tergantung kepada ukuran dan bentuk agregat serta gradasi agregat pembentuknya.

Sama halnya dalam rancangan campuran dengan menggunakan metode luas permukaan, metode yang didasarkan kepada persentase rongga dalam campuran lebih tepat digunakan untuk bahan bergradasi padat (gradasi menerus) dibanding dengan bahan

campuran beton aspal yang menggunakan gradasi terbuka (*open graded*). Pada gradasi terbuka kadar aspal yang digunakan akan cukup besar mengingat gradasi demikian akan membentuk lapisan/film aspal yang tebal.

Pada Metode pembuatan campuran beton aspal dengan menggunakan konsep rongga/void dilakukan dengan mengkorelasikan hasil dari percobaan di laboratorium dengan perwujudan campuran di lapangan dalam kondisi beban lalu-lintas yang sebenarnya.

2.3 Karakteristik Volumetrik Dari Campuran Beton Aspal yang Telah Padat

Paramater karakteristik volumetrik campuran beton aspal yang telah dipadatkan adalah:

- Volume *bulk* dari beton aspal padat (V_{mb})
- Volume Pori di antara butir agregat campuran beton aspal padat (VMA), termasuk yang terisi oleh aspal (*void in the mineral aggregate*).
- Volume pori beton aspal padat (VIM)
- Volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal (VFB).

- Tebal selimut (film) Aspal.

Penjelasan mengenai karakteristik volumetrik campuran aspal padat diilustrasikan secara skematis pada Gambar 1 dan Gambar 2.

2.4 Volume Pori Dalam Agregat Campuran Beton Aspal Padat (VMA)

VMA adalah volume pori di dalam beton aspal padat jika seluruh selimut aspal diabaikan yang dinyatakan dalam persentase. Gambar 3 menunjukkan ilustrasi dari VMA campuran beton aspal padat.

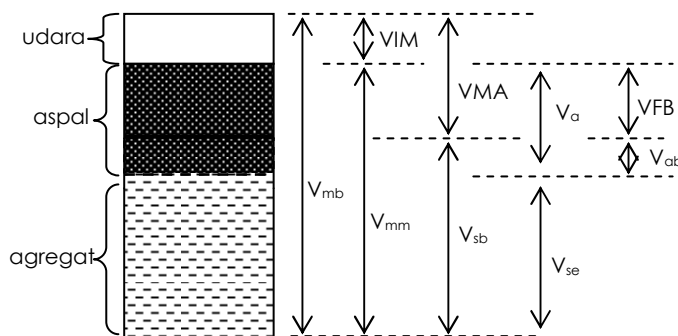
VMA dapat dihitung dalam dua cara yaitu:

- Jika komposisi campuran ditentukan sebagai persentase dari berat beton aspal padat:

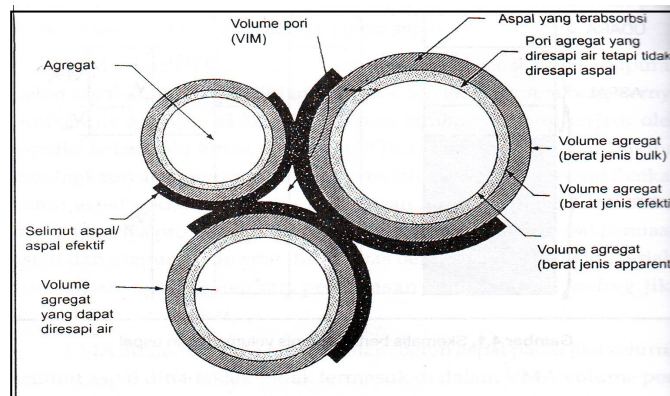
$$VMA = \left(100 - \frac{G_{mb} \cdot P_s}{G_{sb}} \right)$$

- Jika komposisi campuran ditentukan sebagai persentase dari berat agregat:

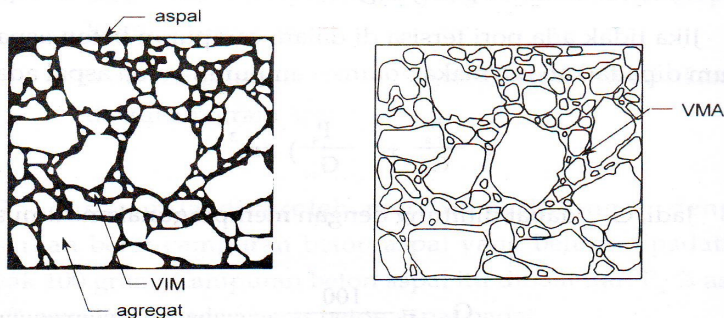
$$VMA = \left(100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{100 + P_{al}} \right) 100$$



Gambar 1. Skematis berbagai jenis volume beton aspal padat



Gambar 2. Ilustrasi Pengertian tentang VIM, Selimut Aspal, Aspal terabsorpsi
(Sumber: Silvia Sukirman, 2007, Beton aspal Campuran Panas)



Gambar 3. Ilustrasi Pengertian VMA dan VIM campuran beton aspal padat
(Sumber: Silvia Sukirman, 2007, Beton aspal Campuran Panas)

2.5 Volume Pori Dalam Beton Aspal Padat (VIM)

Banyaknya pori yang berada dalam campuran beton aspal padat (VIM) adalah banyaknya pori di antara butir-butir agregat yang diselimuti aspal dan dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat.

Dasar perhitungan nilai VIM dilakukan berdasarkan volume beton aspal padat (bulk), 100 cm³ dan dihitung dengan formula berikut:

2.6 Volume Pori Antara Butir Agregat Terisi Aspal (VFB)

Persentase pori antara butir agregat yang terisi oleh aspal dinamakan VFB. VFB merupakan bagian dari VMA yang terisi oleh aspal dimana

tidak termasuk di dalamnya aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butir agregat (lihat Gambar 1). VFB merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi film atau selimut aspal.

Nilai VFB (VFB) dapat ditentukan dengan menggunakan formula:

$$VFA = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA} \% \text{ dari VMA}$$

3. Metode penelitian

3.1 Lokasi atau tempat penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan/material yang digunakan dalam penelitian adalah material lapis perkerasan beton aspal lama pada Jalan Soekarno – Hatta, Kota Palu Sulawesi Tengah. Sementara Aspal yang digunakan dalam proses recycled adalah aspal Pen. 60/70 yang ada di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Untad.

Bahan peremaja yang digunakan dalam campuran beton aspal hasil daur ulang adalah minyak solar.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- 1 set peralatan saringan agregat
- Peralatan-peralatan pengujian aspal standar yang ada di laboratorium seperti Alat Penetrometer, Alat softening point test, Alat pemeriksaan titik nyala dan titik bakar aspal, Alat daktilitas aspal, Alat viscosimeter, neraca/timbangan agregat dan

aspal, Peralatan Ekstraksi campuran aspal.

3.3 Rancangan penelitian

Dari data hasil pemeriksaan ekstraksi diketahui kadar aspal dalam campuran yakni 4,6 % sehingga variasi perkiraan kadar aspal optimum (pKAO) pada campuran ini adalah 4,6%, 5,1%, 5,6%, 6,1%, 6,6%, dengan variasi bahan peremaja adalah: 0% , 5%, 10%, 15% dan 20%.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengujian Ekstraksi Aspal

Hasil pengujian ekstraksi campuran aspal perkerasan lama disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Hasil pemeriksaan gradasi butiran campuran perkerasan aspal lama disajikan pada Gambar 4.

4.2 Sifat-sifat Agregat Hasil Ekstraksi

Sifat-sifat agregat hasil ekstraksi perkerasan lama disajikan pada Tabel 3.

Tabel 1. Kadar Aspal Hasil Ekstraksi

Percobaan	% Bitumen Terhadap Campuran	% Bitumen Terhadap Agregat
Percobaan I	4,984	5,245
Percobaan II	4,194	4,377
Jumlah	9,178	9,622
Rata-rata	4,6	4,8

Sumber : Hasil Pemeriksaan Laboratorium

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Susunan Gradasi Butiran Gabungan

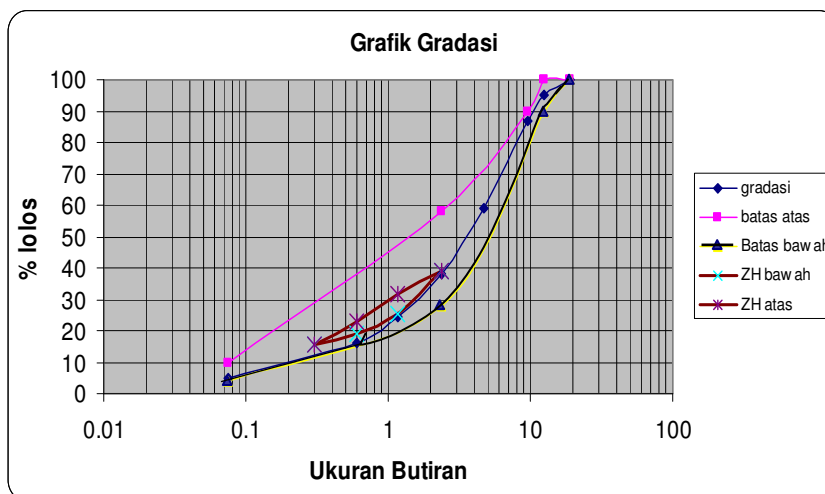
No.Saringan	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.8	No.16	No.30	No.200	PAN
% Lolos	100	92,77	82,42	55,20	35,88	24,25	16,76	5,10	0

Sumber : Hasil Pemeriksaan Laboratorium

Tabel 3. Data Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

Material	Berat Jenis			Proporsi Terhadap Total agregat
	Curah (Bulk)	Semu (apparent)	Efektif	
	A	B	C = (A+B)/2	
Agregat Kasar	2,553	2,605	2,579	64,12
Agregat Halus	2,597	2,679	2,638	30,78
Filler	2,628	2,628	2,628	5,10

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4. Grafik Gradasi Butiran Perkerasan lama

Tabel 4. Hasil Perhitungan Nilai VIM Pada Berbagai Variasi Kadar Bahan Peremaja dan Kadar Aspal serta Pada kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO)

KARAK- TERISTIK	BAHAN PEREMAJA (%)	KADAR ASPAL (%)						SPEC
		4.60	5.10	5.60	6.10	6.60	KAO	
VIM (%)	0	6.12	5.28	3.94	3.05	2.21	4.49 (5,45)	3,5 - 5,5
	5	8.38	5.22	3.98	3.04	2.20	4.72 (5,375)	
	10	9.35	5.18	3.66	2.31	1.57	4.71 (5,325)	
	15	8.43	5.04	3.55	1.34	1.00	4.85 (5,225)	
	20	7.11	5.15	3.27	1.71	0.98	5.03 (5,125)	

Keterangan:

Nilai yang berada dalam tanda kurung pada kolom KAO adalah nilai Kadar Aspal Optimum pada Masing-masing variasi bahan peremaja

4.3 Nilai VIM pada Masing-masing variasi kadar bahan peremaja.

Nilai VIM dari campuran beton aspal daur ulang yang telah dipadatkan pada berbagai variasi kadar bahan peremaja dan kadar aspal disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 5.

Dari Tabel 4 dan Gambar 5 dapat dilihat bahwa pada kondisi kadar aspal 4,6% pada semua variasi kadar

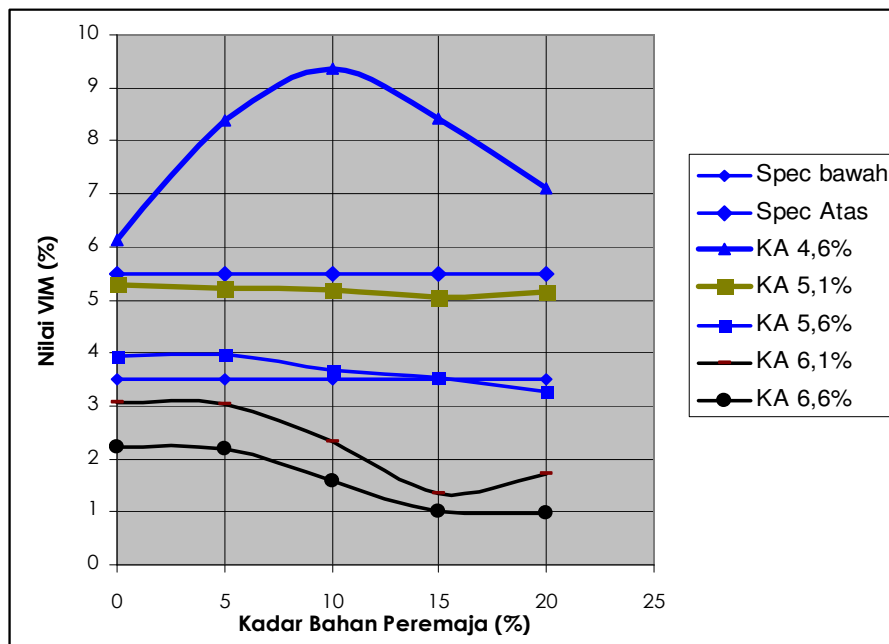
bahan peremaja dari 0% - 20% semua nilai VIM yang didapatkan tidak satupun masuk dalam spesifikasi yang ada yaitu 3,5% – 5,5%. Kemudian juga terlihat bahwa pada Kadar Aspal 4,6%, nilai VIM terletak jauh di atas batas atas spesifikasi yang mengindikasikan bahwa nilai VIM beton aspal hasil daur ulang dengan kadar aspal 4,6% adalah relatif cukup besar. Ini mengindikasikan bahwa potensi untuk terjadinya proses penuaan

aspal akan semakin besar sebagai akibat banyaknya pori yang ada dalam campuran beton aspal hasil daur ulang. Banyaknya pori yang ada dalam campuran akan memungkinkan lebih banyak lagi udara (oksigen) yang bisa masuk ke dalam campuran sehingga proses oksidasi kemungkinan sangat besar terjadi yang berakibat pada besarnya laju pengerasan aspal (hardening process/aging). Akibat dari proses penuaan aspal (aging/hardening process), aspal akan semakin mudah mengalami retak.

Kondisi seperti ini juga akan berdampak kepada rendahnya nilai stabilitas sisa campuran beton aspal daur ulang (lihat hasil publikasi penelitian Karakteristik stabilitas dan stabilitas sisa campuran beton aspal daur ulang pada Majalah Ilmiah Mektek Edisi Mei 2009).

Pada Gambar 5, pada kondisi Kadar aspal 5,10%, semua nilai VIM campuran untuk setiap variasi kadar bahan peremaja masuk dalam spesifikasi. Hal ini dikarenakan kadar aspal 5,10% relatif dekat ke nilai Kadar Aspal Optimum pada setiap variasi kadar bahan peremaja. Jadi untuk nilai Kadar Aspal 5,10% dengan kadar bahan peremaja dari 0% - 20% masih layak digunakan untuk mendesain campuran beton aspal daur ulang.

Pada Kadar aspal 5,6%, nilai VIM yang tidak masuk dalam spesifikasi terdapat pada kadar bahan peremaja yang 20% (Gambar 5). Hal seperti ini akan berpotensi menimbulkan jenis kerusakan bleeding/flushing pada perkerasan karena kecilnya nilai VIM sementara kadar aspal yang digunakan di atas dari kadar aspal optimum (lihat Tabel 4 dengan membandingkan nilai pada kolom 5 dengan kolom 8, nilai dalam tanda kurung).



Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Bahan Peremaja – Nilai VIM Beton Aspal Daurl Ulang Pada Beberapa Nilai Kadar Aspal

Pada kondisi Kadar Aspal 6.1% dan 6.6% pada semua variasi kadar bahan peremaja, tidak ada satupun nilai VIM campuran yang memenuhi spesifikasi. Semua nilai VIM berada jauh di bawah batas bawah spesifikasi. Hal ini mengindikasikan bahwa volume rongga yang ada dalam campuran relatif sangat kecil sementara kadar aspal yang digunakan jauh di atas Kadar Aspal Optimum pada masing-masing variasi bahan peremaja. Kondisi seperti ini akan berpotensi menimbulkan jenis kerusakan berupa bleeding/flushing

serta kemungkinan terjadinya jenis kerusakan deformasi plastis berupa alur (*rutting*) pada perkerasan jalan.

4.4 Nilai VMA pada Masing-masing Variasi Kadar Bahan Peremaja.

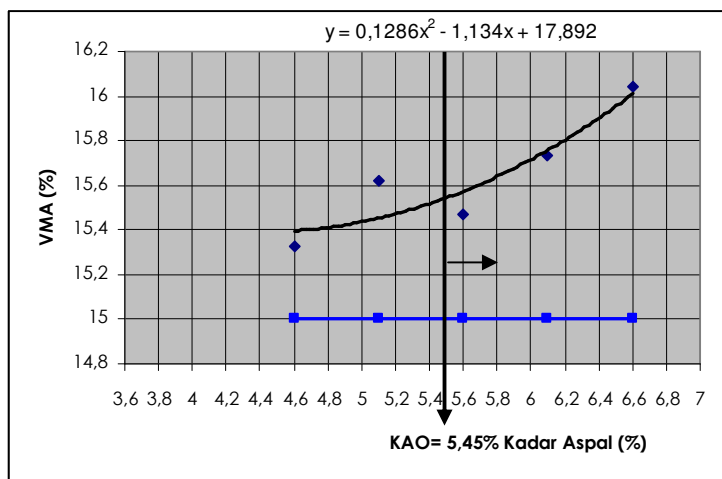
Nilai VMA dari campuran beton aspal daur ulang yang telah dipadatkan pada berbagai variasi kadar bahan peremaja dan kadar aspal disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 6.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Nilai VIM Pada Berbagai Variasi Kadar Bahan Peremaja dan Kadar Aspal serta Pada kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO)

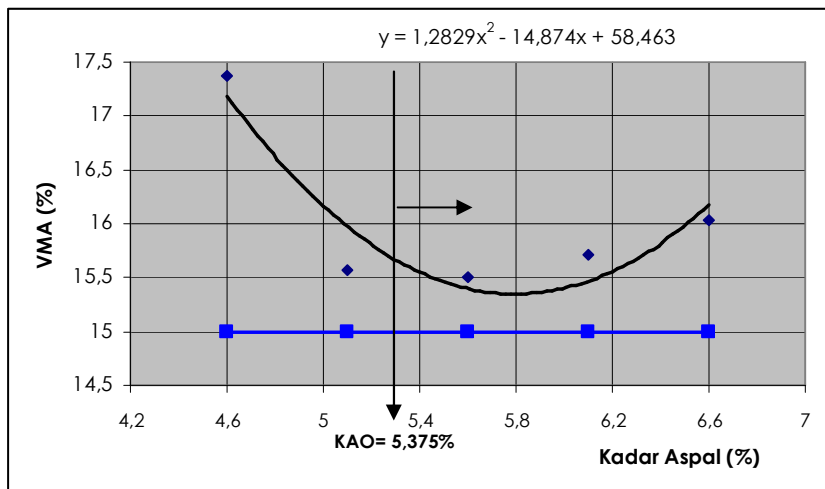
KARAK- TERISTIK	BAHAN PEREMAJA (%)	KADAR ASPAL (%)						SPEC
		4.60	5.10	5.60	6.10	6.60	KAO	
VMA (%)	0	15.33	15.62	15.47	15.73	16.04	15.44 (5,45)	Minimum 15
	5	17.37	15.57	15.51	15.72	16.03	15.49 (5,375)	
	10	18.25	15.53	15.23	15.09	15.48	15.38 (5,325)	
	15	17.41	15.41	15.12	14.25	15.00	15.29 (5,225)	
	20	16.23	15.50	14.89	14.56	14.97	15.26 (5,125)	

Keterangan:

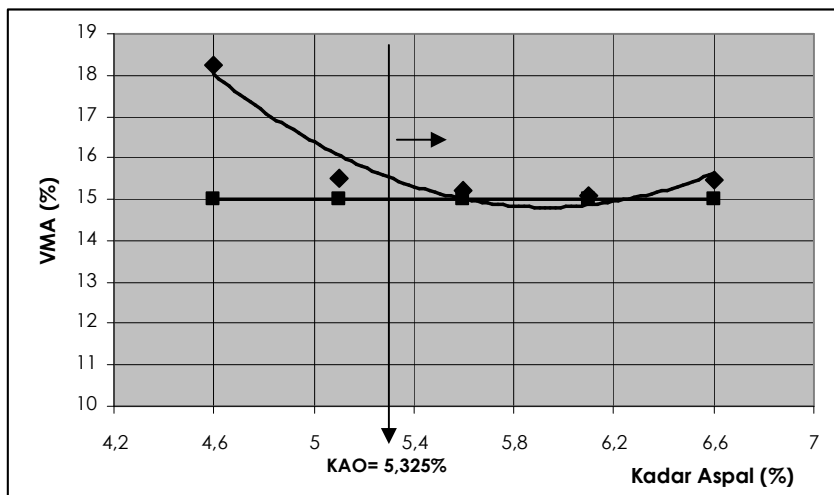
Nilai yang berada dalam tanda kurung pada kolom KAO adalah nilai Kadar Aspal Optimum pada Masing-masing variasi bahan peremaja



Gambar 6. Kurva VMA – Kadar Aspal Pada Kondisi 0% Bahan Peremaja



Gambar 7. Kurva VMA – Kadar Aspal Pada Kondisi 5% Bahan Peremaja



Gambar 8. Kurva VMA – Kadar Aspal Pada Kondisi 10% Bahan Peremaja

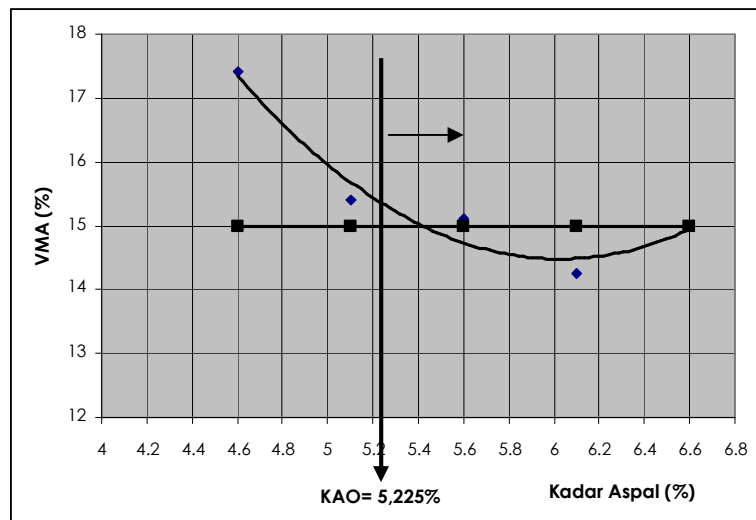
Berdasarkan Gambar 6 dan Tabel 5 diketahui bahwa pada kondisi tanpa bahan peremaja untuk semua variasi kadar aspal nilai VMA semuanya memenuhi spesifikasi. Namun demikian Pemakaian Kadar aspal akan lebih jika diambil Kadar Aspal Optimum (KAO 5,45%) ke arah kanan selama masih memenuhi persyaratan nilai VIM campuran.

Demikian juga untuk variasi bahan peremaja 5%, pemakaian kadar aspal optimum 5,375% - 5,6% merupakan kadar aspal yang sudah sesuai dengan spesifikasi baik VMA maupun nilai VIMnya (Gambar 7). Bila melihat pada Gambar 7, pemakaian kadar aspal jauh ke sebelah kanan batas minimum kurva VMA akan menyebabkan campuran beton aspal akan kelebihan aspal.

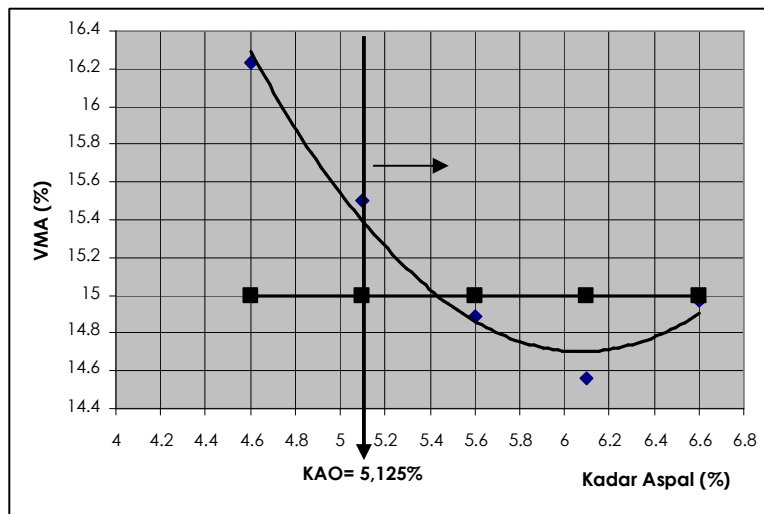
Campuran seperti ini akan memberikan kondisi sangat mudahnya terjadi bleeding dan alur serta gelombang.

Pada ilustrasi Gambar 8, dapat diketahui bahwa untuk kadar bahan peremaja 10% memberikan nilai Kadar Aspal Optimum sebesar 5,325%. Artinya bahwa pengambilan Kadar Aspal

Optimum 5,325% diambil pada areal sebelah kiri dari titik terendah kurva VMA. Campuran seperti ini bisa mengurangi terjadinya kerusakan deformasi platis dan bleeding pada lapisan perkerasan beton aspal daur ulang.



Gambar 9. Kurva VMA – Kadar Aspal Pada Kondisi 15% Bahan Peremaja



Gambar 10. Kurva VMA – Kadar Aspal Pada Kondisi 20% Bahan Peremaja

Dari ilustrasi Gambar 9 dan Gambar 10, terlihat bahwa dengan semakin bertambahnya bahan peremaja akan berdampak kepada bergesernya nilai Kadar aspal optimum (KAO) campuran ke arah sebelah kiri kurva VMA. Dalam kondisi demikian, walaupun nilai stabilitas campuran masuk dalam spesifikasi tetapi kemungkinan Nilai durabilitas (stabilitas sisa) juga akan terus menurun seiring bertambahnya bahan peremaja. Ini disebabkan oleh semakin besarnya void sementara kandungan aspal yang sedikit dalam campuran berakibat tipisnya film aspal yang menyelimuti agregat.

Berdasarkan Fenomena-fenomena yang dijelaskan dari Gambar 9 dan Gambar 10, jenis kerusakan yang berpeluang besar untuk terjadi adalah retak, terjadinya pelepasan butir dan pengelupasan aspal dari permukaan agregat sebagai akibat dari tipisnya aspal yang menyelimuti permukaan agregat. Kemudian juga terlihat bahwa VMA semakin ke kiri semakin besar sementara kadar aspal semakin kecil yang akan berakibat lapis perkerasan beton aspal hasil daur ulang menjadi kurang lentur dimana

kemungkinan terjadinya retak sangat besar.

Dengan demikian tujuan utama dari pemberian void (VMA) yang cukup adalah agar aspal yang digunakan tercukupi sehingga gaya adhesi yang timbul cukup kuat untuk mengikat agregat untuk bertahan pada posisinya.

4.5 Nilai VFB pada Masing-masing Variasi Kadar Bahan Peremaja.

Perencanaan VFB dalam campuran untuk beton aspal adalah untuk membatasi level maksimum dari VMA sekaligus membatasi pemakaian kadar aspal yang maksimum. VFB juga membatasi void udara untuk nilai VMA minimum. Ini sangat penting untuk menjamin keawetan lapis perkerasan beton aspal pada kondisi lalu-lintas rendah dan temperatur rendah. VFB juga dapat menjadi kriteria pengaman proses struktur di lapangan dalam segi perwujudan perkerasan.

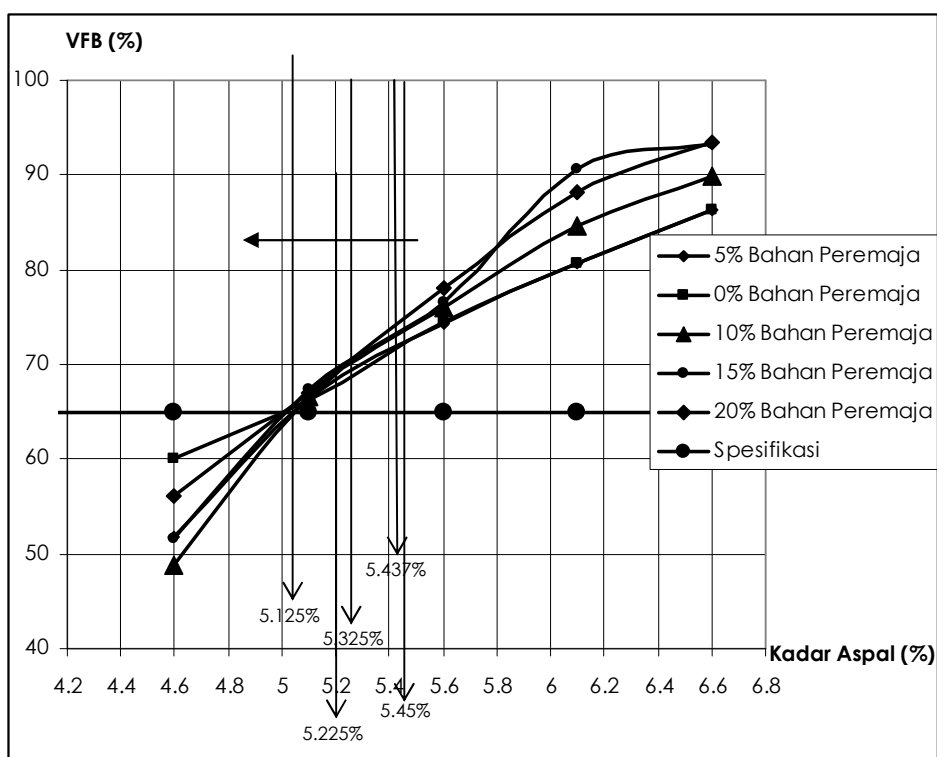
Nilai VFB dari campuran beton aspal daur ulang yang telah dipadatkan pada berbagai variasi kadar bahan peremaja dan kadar aspal disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Nilai VFB Pada Berbagai Variasi Kadar Bahan Peremaja dan Kadar Aspal serta Pada kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO)

KARAK- TERISTIK	BAHAN	KADAR ASPAL (%)						SPEC
	PEREMAJA (%)	4.60	5.10	5.60	6.10	6.60	KAO	
VFB (%)	0	60.10	66.25	74.55	80.61	86.22	70.97 (5,45)	Minimum 65
	5	51.75	66.51	74.34	80.67	86.27	69.67 (5,375)	
	10	48.74	66.66	75.96	84.68	89.87	69.81 (5,325)	
	15	51.62	67.33	76.56	90.57	93.31	69.01 (5,225)	
	20	56.20	67.07	78.01	88.26	93.49	67.50 (5,125)	

Keterangan:

Nilai yang berada dalam tanda kurung pada kolom KAO adalah nilai Kadar Aspal Optimum pada Masing-masing variasi bahan peremaja



Gambar 11. Kurva Hubungan Kadar Aspal – VFB pada Kondisi 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% Bahan Peremaja

Berdasarkan pada Tabel 6 dan Gambar 11 dapat diketahui bahwa persentase kadar aspal 4,6% pada semua variasi bahan peremaja menunjukkan bahwa tidak ada satu nilai VFB yang masuk dalam spesifikasi yaitu minimum 65. Sementara untuk kadar aspal 5,1%, nilai VFB masuk dalam spesifikasi namun sangat dekat ke spesifikasi nilai VFB minimum. Ini mengindikasikan bahwa untuk kedua kondisi kadar aspal tersebut pada semua variasi bahan peremaja, campuran beton aspal daur ulang mempunyai tebal film aspal yang relatif tipis.

Bila berdasarkan pada Kadar Aspal pada masing-masing variasi Kadar bahan peremaja, terdapat kecenderungan nilai VFB semakin besar seiring bertambahnya kadar aspal

dalam campuran seperti terlihat pada Gambar 11.

Juga terlihat pada Gambar 11 bahwa meningkatnya kadar bahan peremaja yang digunakan dalam beton aspal daur ulang menghasilkan nilai Kadar Aspal Optimum semakin kecil dimana terlihat kecenderungan pergerakan nilai KAO ke arah sebelah kiri kurva Kadar Aspal – FVB serta adanya kecenderungan semakin kecilnya nilai VFB yang terjadi seiring turunnya kadar aspal optimum. Ini mengindikasikan bahwa semakin banyak kadar bahan peremaja yang digunakan akan menyebabkan campuran menjadi rentang dengan kegagalan berupa kelelahan/fatigue berupa alur dan retak terutama saat dilintasi oleh beban lalu-lintas berat.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Nilai VFB Pada Berbagai Variasi Kadar Bahan Peremaja dan Kadar Aspal serta Pada kondisi Kadar Aspal Optimum (KAO)

KARAK- TERISTIK	BAHAN PEREMAJA (%)	KADAR ASPAL (%)						SPEC
		4.60	5.10	5.60	6.10	6.60	KAO	
KEPADATAN (gr/cm ³)	0	2.28	2.29	2.30	2.31	2.31	2.296 (5,45)	Minimum 2
	5	2.23	2.29	2.30	2.31	2.31	2.294 (5,375)	
	10	2.20	2.29	2.31	2.32	2.33	2.295 (5,325)	
	15	2.22	2.29	2.31	2.35	2.34	2.296 (5,225)	
	20	2.26	2.29	2.32	2.34	2.34	2.292 (5,125)	

Keterangan:

Nilai yang berada dalam tanda kurung pada kolom KAO adalah nilai Kadar Aspal Optimum pada Masing-masing variasi bahan peremaja

Dalam hubungan nilai VFB dengan Kepadatan campuran beton aspal daur ulang pada masing-masing kadar bahan peremaja yang terlihat pada Tabel 6 dan Tabel 7 didapatkan suatu informasi bahwa bila nilai Kepadatan besar maka nilai VFB campuran beton aspal daur ulang juga cenderung mengalami peningkatan. Sementara Nilai VFB sendiri meningkat seiring meningkatnya kadar aspal yang digunakan dalam campuran beton aspal daur ulang. Demikian juga sebaliknya jika nilai Kepadatan kecil pada masing-masing kadar bahan peremaja maka nilai VFB campuran juga cenderung lebih kecil.

Hal di atas mengindikasikan bahwa pemadatan aspal yang tidak memenuhi standar pada saat pelaksanaan di lapangan akan menyebabkan Nilai void yang dapat diisi oleh aspal menjadi kecil sehingga memberi peluang bagi udara/oksigen untuk mengisi rongga yang tersisa tersebut yang bisa menyebabkan proses oksidasi bisa berlangsung cepat sehingga pada akhirnya perkerasan beton aspal daur ulang akan berumur pendek.

5. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan di atas dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

- Pemakaian bahan peremaja yang berlebihan dapat meningkatkan nilai VIM campuran dan cenderung memperkecil pemakaian aspal dalam campuran beton aspal daur ulang sehingga perkerasan beton aspal tersebut kemungkinan untuk mengalami proses penuaan (aging/hardening of asphalt) menjadi besar.
- Semakin tinggi bahan peremaja yang digunakan dalam campuran beton aspal daur ulang, nilai KAO cenderung bergeser ke arah kiri Kurva VMA – Kadar Aspal yang mengindikasikan bahwa semakin banyak kadar bahan peremaja cenderung membuat gaya adhesi aspal terhadap agregat menjadi berkurang.
- Semakin kecil kadar aspal optimum yang didapatkan sebagai akibat dari meningkatnya kadar bahan peremaja yang digunakan dalam campuran yang berdampak kepada menurunnya nilai VFB pada masing-masing variasi kadar bahan peremaja.

6. Daftar Pustaka

- Ali, Anas, 2007, Teknik Dasar dan Potensi Daur Ulang Konstruksi Jalan, Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum, 2007, Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Pusat Litbang Prasarana Transportasi Badan Penelitian dan Pengembangan, Jakarta
- Kasan, Muhammad, 2009, Karakteristik Stabilitas dan Stabilitas Sisa Campuran Beton Aspal Daur Ulang, Jurnal Ilmiah Mektek Tahun IX No. 2 Mei 2009, Fakultas Teknik Untad, Palu
- Saodang, Hamirhan, 2004, Konstruksi Jalan Raya, Buku 2: Perancangan Perkerasan Jalan, Nova, Bandung
- Sukirman, Silvia, 1999, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Nova, Bandung
- Sukirman, Silvia, 2007, Beton Aspal Campuran Panas, Yayasan Obor Indonesia, Jakarta
- Suroso, Tjitjik Wasiah, Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Dini Pada Perkerasan Jalan, Jurnal Puslitbang Jalan dan Jembatan, Bandung
- Yanti, Hilda, 2006, Efek Pemanasan Berulang Aspal dengan Penambahan Serbuk Ban Bekas terhadap Karakteristik Beton Aspal, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu